

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 2 年    9 月 1 7 日  
Date of Application:

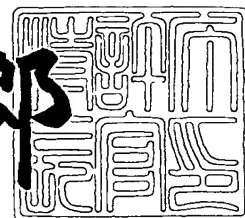
出 願 番 号            特 願 2 0 0 2 - 2 6 9 6 5 5  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 2 - 2 6 9 6 5 5 ]

出      願      人            株式会社半導体エネルギー研究所  
Applicant(s):

2 0 0 3 年    7 月    8 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号    出証特 2 0 0 3 - 3 0 5 3 7 5 0

【書類名】 特許願

【整理番号】 P006604

【提出日】 平成14年 9月17日

【あて先】 特許庁長官 殿

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

    【氏名】 宮入 秀和

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

    【氏名】 下村 明久

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

    【氏名】 高野 圭恵

【発明者】

    【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

    【氏名】 古山 将樹

【特許出願人】

    【識別番号】 000153878

    【氏名又は名称】 株式会社半導体エネルギー研究所

    【代表者】 山崎 舜平

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 002543

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

【物件名】	図面	1
【物件名】	要約書	1
【プルーフの要否】	要	

**【書類名】 明細書****【発明の名称】** レーザ装置、レーザ照射方法または半導体装置の作製方法**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

発振器から発振されるレーザ光の一部をサンプリングする光学系と、  
前記一部のレーザ光を用いて、前記レーザ光のエネルギーの変動をデータとして含む電気信号を生成するセンサと、  
前記電気信号に信号処理を施すことで、前記レーザ光のエネルギーの変動の状態を把握し、被処理物における前記レーザ光のビームスポットの、前記被処理物に対する相対的な速度を、前記変動に対して逆の位相で変化するように制御する手段と、  
を有することを特徴とするレーザ装置。

**【請求項 2】**

発振器から発振されるレーザ光の一部をサンプリングする光学系と、  
前記一部のレーザ光を用いて、前記レーザ光のエネルギーの変動をデータとして含む電気信号を生成するセンサと、  
前記電気信号に信号処理を施すことで、前記レーザ光のエネルギーの変動の状態を把握し、被処理物における前記レーザ光のビームスポットの、前記被処理物に対する相対的な速度を、前記変動に対して逆の位相で変化するように、前記被処理物の位置を制御する手段と、  
を有することを特徴とするレーザ装置。

**【請求項 3】**

発振器から発振されるレーザ光の一部をサンプリングする光学系と、  
前記一部のレーザ光を用いて、前記レーザ光のエネルギーの変動をデータとして含む電気信号を生成するセンサと、  
前記電気信号に信号処理を施すことで、前記レーザ光のエネルギーの変動の状態を把握し、被処理物における前記レーザ光のビームスポットの、前記被処理物に対する相対的な速度を、前記変動に対して逆の位相で変化するように、前記ビームスポットの位置を制御する手段と、を有し、

前記被処理物の位置は固定されていることを特徴とするレーザ装置。

【請求項 4】

発振器から発振されるレーザ光の一部をサンプリングし、前記レーザ光のエネルギーの変動をデータとして含む電気信号を生成し、前記電気信号に信号処理を施すことで、前記レーザ光のエネルギーの変動の状態を把握し、被処理物における前記レーザ光のビームスポットの、前記被処理物に対する相対的な速度を、前記変動に対して逆の位相で変化するように制御することを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 5】

発振器から発振されるレーザ光の一部をサンプリングし、前記レーザ光のエネルギーの変動をデータとして含む電気信号を生成し、前記電気信号に信号処理を施すことで、前記レーザ光のエネルギーの変動の状態を把握し、被処理物における前記レーザ光のビームスポットの、前記被処理物に対する相対的な速度を、前記変動に対して逆の位相で変化するように、前記被処理物の位置を制御することを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 6】

発振器から発振されるレーザ光の一部をサンプリングし、前記レーザ光のエネルギーの変動をデータとして含む電気信号を生成し、前記電気信号に信号処理を施すことで、前記レーザ光のエネルギーの変動の状態を把握し、被処理物における前記レーザ光のビームスポットの、前記被処理物に対する相対的な速度を、前記変動に対して逆の位相で変化するように、前記ビームスポットの位置を制御し、

前記被処理物の位置は固定することを特徴とするレーザ照射方法。

【請求項 7】

発振器から発振されるレーザ光の一部をサンプリングし、  
前記一部のレーザ光を用いて、前記レーザ光のエネルギーの変動をデータとして含む電気信号を生成し、

前記電気信号に信号処理を施すことで、前記レーザ光のエネルギーの変動の状態を把握し、被処理物における前記レーザ光のビームスポットの、前記被処理物

に対する相対的な速度を、前記変動に対して逆の位相で変化するように制御し、  
前記半導体膜におけるビームスポットが走査方向において重なるように、前記電圧を制御することで得られるレーザ光を半導体膜に対して照射することで、前記半導体膜の結晶性を高めることを特徴とする半導体装置の作製方法。

#### 【請求項 8】

発振器から発振されるレーザ光の一部をサンプリングし、  
前記一部のレーザ光を用いて、前記レーザ光のエネルギーの変動をデータとして含む電気信号を生成し、

前記電気信号に信号処理を施すことで、前記レーザ光のエネルギーの変動の周波数と、振幅と、位相とを算出し、前記発振器からのレーザ光の発振に同期した信号の位相と、前記算出された位相との間の位相差、前記発振器から発振されるレーザ光とサンプリングされたレーザ光とのエネルギーの比率、及び前記算出された周波数と振幅を用い、被処理物における前記レーザ光のビームスポットの、前記被処理物に対する相対的な速度を、前記変動に対して逆の位相で変化するように制御し、

前記半導体膜におけるビームスポットが走査方向において重なるように、前記電圧を制御することで得られるレーザ光を半導体膜に対して照射することで、前記半導体膜の結晶性を高めることを特徴とする半導体装置の作製方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0 0 0 1】

#### 【発明の属する技術分野】

本発明は、レーザ装置またはレーザ照射方法に係り、特に出力されるレーザ光のエネルギーを安定化させる機構を有するレーザ装置またはレーザ照射方法に関する。また該レーザ装置またはレーザ照射方法を用いて半導体膜を結晶化する工程を含む半導体装置の作製方法に関する。

##### 【0 0 0 2】

#### 【従来の技術】

レーザは、レーザ媒質によってガスレーザと固体レーザとに区分され、その種類は様々である。そしてレーザは、得られるレーザ光の波長、エネルギー、パル

ス特性などがレーザ媒質によって異なっており、レーザ光の性質に応じた用途の探索が行なわれてきた。各種のレーザのうち、YAGレーザ、CO<sub>2</sub>レーザ、エキシマレーザ等が最も多くの工業用のレーザ装置に利用されている。

#### 【0003】

なかでもガスレーザであるエキシマレーザは強力な紫外光線であり、その波長はArFで0.193  $\mu$ m、XeFで0.351  $\mu$ mと短く、集光性に優れている。そのため、一般部品加工の他、マスクの成形などを含む半導体製造に代表されるような、 $\mu$ mレベルの超微細加工が要求される分野に適している。

#### 【0004】

しかし、エキシマレーザやCO<sub>2</sub>レーザに代表されるガスレーザは、一般的に発振器内のレーザ媒質であるガスの圧力に変動が生じやすく、また放電管内にレーザ媒質であるガスを循環させて発振を行なう場合、ガスの流量にも変動が生じやすい。そのため、発振器から出力されるレーザ光のエネルギーが安定に保たれにくく、被処理物への処理を均一に行なうことが難しいという欠点を有している。

#### 【0005】

そこで従来では、出力されるレーザ光のエネルギーが安定化されるように、放電管内におけるレーザ媒質の圧力の変動を検出し、該変動を打ち消すような圧力の変動を発生させることで、レーザ媒質の圧力または流量の変動を抑える方法が提案されていた（例えば、特許文献1参照）。

#### 【0006】

##### 【特許文献1】

特開平07-038180号公報（第2-3頁、第3図）

#### 【0007】

上記特許文献1では、レーザ媒質であるガスの圧力変動を、ガス供給ダクトに設けられている圧力センサにおいて検出し、検出信号としてフィードバック制御ユニットに入力する。フィードバック制御ユニットでは該検出信号の位相を反転させる。そして波形発生器において位相が反転した検出信号に高速フーリエ変換（FFT）による周波数分析を施し、波形信号を得る。そして該波形信号を増幅し

た後、振動子に入力する。振動子は入力された増幅後の波形信号に従って、圧力センサが検出した圧力変動と同じ振幅で逆位相の圧力変動を発生させ、レーザ媒質の圧力の変動を打ち消す。

#### 【0008】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかし上記方法だと、振動子によって逆位相の圧力変動を正確に発生させるのが困難であるため、レーザ媒質の圧力の変動を抑えるのに限界がある。もともとエキシマレーザは、上記特許文献1に記載されているCO<sub>2</sub>レーザに比べて、出力されるレーザ光のエネルギーの変動は小さい。しかしエキシマレーザは、集光性に優れているという点が評価されて微細加工に多用されているので、CO<sub>2</sub>レーザに比べてより高いレベルの安定性が求められている。よって上記方法のように、振動子を用いてレーザ媒質の圧力の変動を打ち消す方法だと、エキシマレーザの場合、出力されるレーザ光のエネルギーの安定化を十分なレベルまで達成することが難しい。

#### 【0009】

レーザ光の出力が安定していないと、被処理物への処理を均一に行なうことが難しい。例えば、レーザ光の照射を用いた半導体膜の結晶化などでは、10%程度の微妙なエネルギーの変動によって結晶性に違いが生じると考えられる。

#### 【0010】

そこで本発明者らは、パルス発振のエキシマレーザから出力されたレーザ光の一部をサンプリングして、そのエネルギーの変動を観察した。図8(A)に、時間に対するサンプリングされたレーザ光のエネルギーの値を示す。なおエキシマレーザの発振周波数は25Hzである。

#### 【0011】

図8(A)に示したデータにFFTを施すことで得られたデータを、図8(B)に示す。図8(B)では、横軸は周波数、縦軸は振幅を示している。FFTを施したデータにおいて、周波数が0.24583Hzにおいて際立って高いピークが観測された。この周波数は、図8(A)において観測された、レーザ光の定周期のエネルギーの変動の周波数に相当する。



## 【0 0 1 2】

なお、図 1 0 (A) において測定開始から 2 0 sec までの期間において、測定装置のディテクターの過渡応答のため、エネルギーの変動が他に比べて大きいことが、この期間のデータのカットの有無に関わらず、F F T 後のデータは同じである。

## 【0 0 1 3】

上述したエネルギーの変動を有するレーザ光を、0. 8 mm/sec でスキャンして半導体膜の結晶化を行なうと仮定すると、 $0.8 / 0.24583 \approx 3.3$  mm の間隔で最もエネルギー密度が高いレーザ光が半導体膜に照射される計算になる。

## 【0 0 1 4】

実際にエキシマレーザのレーザ光を照射し、結晶化を行なった半導体膜を上面からみた写真を、図 9 に示す。レーザ光はパルス発振のエキシマレーザを用い、発振周波数は 2 5 H z、スキャン速度は 0. 8 mm/sec で照射を行なった。図 9 に示した半導体膜では、矢印で示すスキャン方向に対して垂直な方向に、結晶性の違いによって生ずる複数の横縞が視認される。この複数の横縞の間隔は 3. 4 mm であり、供述の計算によって得られた値 3. 3 mm とほぼ一致していることから、この横縞が、レーザ光の定周期のエネルギーの変動に起因するものであることが伺える。

## 【0 0 1 5】

さらに図 1 0 に、結晶化後の半導体膜を上面からみた写真と、パルス発振のエキシマレーザから出力されたレーザ光の一部をサンプリングして、そのエネルギーの値を 1 5 階調の濃淡で表現できるように示した図とを、並べて示す。なお、図 1 0 におけるレーザ光の発振周波数は 3 0 H z、スキャン速度は 1. 0 mm/sec であり、スキャン方向は矢印で示す通りである。

## 【0 0 1 6】

図 1 0 から分かるように、結晶化後の半導体膜に、スキャン方向と垂直の方向において、結晶性の違いによって生ずる複数の横縞が生じている。また、サンプリングされたレーザ光の定周期のエネルギーの変動に起因する複数の横縞が、エ

エネルギーの強弱を示す濃淡によって形成されている。そしてこれらの2つの横縞は、間隔が一致しており、したがって、半導体膜において観測された、結晶性の違いによって生ずる複数の横縞が、レーザ光の定周期のエネルギーの変動に起因するものであることが、図10からも伺える。

#### 【0017】

このような結晶性にばらつきがある半導体膜を用いて薄膜トランジスタ（TFT）を作製すると、そのオン電流が、半導体膜の場所によってばらついてしまう。そして、該TFTを発光素子への電流を制御するトランジスタとして用いている発光装置では、輝度の高い領域と低い領域が縞状に視認されるなどの問題が生じる。

#### 【0018】

図11に、レーザ光による結晶化後の半導体膜の上面の写真と、該半導体膜を用いた発光装置に全白を表示させている状態の上面の写真とを示す。具体的に図11に示した発光装置は、結晶化後の半導体膜を用いて形成されたTFTと、該TFTにより供給される電流が制御されている発光素子とを有する画素が、画素部に複数設けられている。なお発光素子は、電場を加えることで発生するルミネッセンス（Electroluminescence）が得られる電界発光材料を用いている。

#### 【0019】

図11では、結晶化後の半導体膜2000と、該半導体膜の対応する位置に、発光装置の画素部一部2001、2002、2003を、重ねて示す。なお、発光装置の画素部一部2001、2002、2003は、互いに表示する階調が異なっている。

#### 【0020】

図11に示すように、発光装置の画素部の一部2002、2003では視認されにくい、画素部の一部2001において横縞が視認されている。そしてこの横縞は、半導体膜の横縞と一致しており、レーザ光のエネルギーのばらつきが原因となり、発光装置の表示に横縞が表示されているのが確認できる。

#### 【0021】

本発明は上述した問題に鑑み、レーザー光を用いた被処理物への処理を均一に

行なうことができるレーザ装置、またはレーザ照射方法の提供を課題とする。

#### 【0022】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明者らは、発振器から出力されたレーザ光のスキャン速度を制御することで、従来の発振器内における媒質の圧力や流量の変動を抑える方法よりも、被処理物への処理を均一に行なうことができるのではないかと考えた。

#### 【0023】

本発明は、発振器から出力されたレーザ光の一部をサンプリングして該レーザ光のエネルギーの変動を把握する。そして把握されたエネルギーの変動のデータを用いて、レーザ光が単位時間あたりに被処理物に照射されるエネルギーの総和が一定に近づくように、ステージの移動速度を制御する。

#### 【0024】

具体的に本発明のレーザ装置が有する補正手段は、

- ① 発振器から発振されるレーザ光の一部をサンプリングするための手段（光学系）
- ② 光学系によりサンプリングされた一部のレーザ光を用いて、レーザ光のエネルギーの変動をデータとして含む電気信号を生成する手段（センサ）
- ③ 前記電気信号に信号処理を施すことで、レーザ光のエネルギーの変動の状態を把握し、レーザ光の走査方向に対し逆の方向へのステージの移動における速度が、前記レーザ光のエネルギーの変動とは逆の位相で変化するように、ステージドライバを制御する手段（信号処理部）

を有している。

#### 【0025】

なお、上記手段に加えて、④ 被処理物を載置する手段（ステージ）または⑤ ステージの位置を制御する手段（ステージドライバ）を本発明の構成に含めてもよい。

#### 【0026】

レーザ光のスキャン速度の制御は精密に行なうことが可能であり、従来の振動子を用いた方法よりも、被処理物への処理をより均一に行なうことができる。

**【0027】**

また上記レーザ装置を半導体膜の結晶化に用いることで、半導体膜の結晶性をより均一にすることができる。なお本発明の半導体装置の製造方法は、集積回路や半導体表示装置の作製方法に用いることができる。特に、液晶表示装置、有機発光素子に代表される発光素子を各画素に備えた発光装置、DMD (Digital Micromirror Device)、PDP (Plasma Display Panel)、FED (Field Emission Display) 等の半導体表示装置の画素部に設けられたトランジスタ等の半導体素子に用いた場合、画素部において照射されたレーザ光のエネルギーの分布に起因する横縞が、視認されるのを抑えることができる。

**【0028】**

なお本発明はエキシマレーザやCO<sub>2</sub>レーザだけではなく、他のガスレーザにも適用することができ、さらにガスレーザだけではなく固体レーザにも適用することができる。

**【0029】****【発明の実施の形態】**

本実施の形態では、本発明のレーザ装置が有する、スキャン速度を制御する手段を用いた補正手段の構成について説明する。図1に、本実施の形態の補正手段101のブロック図を示す。図1に示す補正手段101は、光学系102、センサ103、信号処理部104、ステージドライバ105を有している。

**【0030】**

発振装置から発振されたレーザ光は、その一部がサンプリングされてセンサ103に入射するように、光学系102によって光路が制御される。それ以外のレーザ光は、補正手段101に設けられた光学系102とは別個の光学系107に入射する。光学系107は、ステージ106上の被処理物における、レーザ光のビームスポットの形状を加工する手段として用いられる。以下、この2つの光学系を区別するために、補正手段101に設けられた光学系102を第1の光学系と呼び、レーザ光のビームスポットの形状を加工する手段として用いられる光学系107を第2の光学系と呼ぶ。

**【0031】**

センサ 1 0 3 では、入射した一部のレーザ光を電気信号に変換する。センサ 1 0 3 は、レーザ光のエネルギーの変動をデータとして有する電気信号を生成することができるならば、どのような光電変換素子を用いても良い。例えば、フォトダイオード、フォトトランジスタ、CCD (charge coupled device) 等を用いることができる。

#### 【 0 0 3 2 】

図 2 に、サンプリングされたレーザ光の、エネルギーの変動をグラフに示す。パルス発振のエキシマレーザを用いており、横軸は時間 (sec) を示し、縦軸は、全測定エネルギーの平均値に対する、各測定点におけるエネルギーの相対的な比率 (%) を示している。

#### 【 0 0 3 3 】

レーザ光の発振周波数は、図 2 (A) が 1 0 H z、図 2 (B) が 2 0 H z、図 2 (C) が 3 0 H z、図 2 (D) が 4 0 H z、図 2 (E) が 5 0 H z である。

#### 【 0 0 3 4 】

信号処理部 1 0 4 において、入力された電気信号の信号処理が行なわれ、レーザ光が有するエネルギーの変動のうち、定周期の変動の解析が行なわれる。信号処理は、高速フーリエ変換に限らず様々な信号処理を用いることができる。最低限必要なのは、レーザ光のエネルギーの変動のうち、定周期の変動の周波数と、振幅である。ここでは高速フーリエ変換を用いて信号処理を行った場合について説明する。

#### 【 0 0 3 5 】

高速フーリエ変換は、WaveMetrics, Inc. 製の計算プログラムソフトウェア IGOR Pro を用いて、以下の式 1 に従い行なった。

#### 【 0 0 3 6 】

【式 1】

$$F_k = \sum_{m=0}^{N-1} f_m W^{km}$$

$$(W = e^{2\pi i/N})$$

【0 0 3 7】

高速フーリエ変換による周波数分析が行なわれると、最もピークの高い周波数とそのピークの高さを得ることができる。該周波数は、レーザ光が有するエネルギーの変動のうち、定周期の変動（定周期変動）に対応している。以下、該周波数を定周期周波数と呼ぶ。またそのピークの相対的な高さは、定周期変動の振幅に対応している。

【0 0 3 8】

図 3 に、図 2 に示したデータに高速フーリエ変換を施した後のデータを示す。図 3 (A) は図 2 (A) に、図 3 (B) は図 2 (B) に、図 3 (C) は図 2 (C) に、図 3 (D) は図 2 (D) に、図 3 (E) は図 2 (E) に、それぞれ対応している。横軸は周波数 (H z) を示し、縦軸は振幅を示している。

【0 0 3 9】

図 3 (A) ～図 3 (E) のそれぞれのグラフにおいて、1 つだけ最も高いピークが観測されている。具体的に図 3 (A) では 4 . 7 8 H z、図 3 (B) では 4 . 7 8 H z、図 3 (C) では 5 . 2 2 7 5 H z、図 3 (D) では 1 5 . 2 1 H z、図 3 (E) では 2 4 . 8 H z において最も高いピークが観測されている。該ピークの周波数が定周期周波数に相当する。

【0 0 4 0】

そして、定周期周波数を情報として含む電気信号は、信号処理部 1 0 4 に入力される。信号処理部 1 0 4 では、前記算出された定周期周波数を用い、一方向（具体的には、レーザ光の走査方向に対し逆の方向）への前記ステージの移動における速度が、レーザ光が有する定周期変動と、同じ周波数で、なおかつ逆の位相で変化するように、ステージドライバ 1 0 5 を制御してステージ 1 0 6 を移動さ

せる。

#### 【0041】

図4 (A) に、高速フーリエ変換から算出された、レーザ光のエネルギーの定周期変動の波形を示す。定周期周波数を  $1/T$  とすると、定周期変動の周期は  $T$  で表される。Aはレーザ光の、定周期変動の振幅を表している。図4 (A) に示した定周期変動の波形から生成される、ステージの速度の変動の波形を、図4 (B) に示す。一方向におけるステージの速度の変動の波形は、定周期変動の波形と同じ周期  $T$  を有しており、その位相は  $T/2$  だけずれている。なおBはステージの速度の振幅を示している。

#### 【0042】

なお、信号処理部104によって定められるステージ106の速度の振幅は、単位時間あたり照射されるレーザ光のエネルギーの総和がより一定になるように、設定することが最も望ましい。ステージの速度の振幅の調整は、FFTによって得られたレーザ光のピーク強度と、センサ103に入射したレーザ光と光学系107に入射した残りのレーザ光のエネルギーの比率を用いて行なうことが可能である。

#### 【0043】

次に、レーザ光の変動の位相とステージの速度の位相との合わせ方について説明する。位相の調整方法は様々である。本実施の形態では、発振器におけるレーザ光の発振と同期した信号を基準として、ステージ106の速度の位相と、補正前のレーザ光のエネルギーの位相とを合わせるようにしても良い。具体的には、補正前のレーザ光の変動との位相差、及び周波数が予め分かっている信号（基準信号）と、補正前のレーザ光の定周期周波数とから、その位相差を算出し、位相を合わせることができる。

#### 【0044】

図5 (A) に、レーザ光の変動の位相とステージの速度の位相の位相差が理想的である場合の、補正前のレーザ光の波形を破線で、補正後のレーザ光の波形を実線で示す。ただし図5 (A) では、定周期変動の波形を分かり易くするために、発振周波数以下において生じる変動を含んでいない波形を示す。図5 (A) に

において、補正前のレーザ光の波形と補正後のレーザ光の波形とが、同じ位相を有している。よって、速度の変動の位相は、補正前のレーザ光の定周期変動の位相と丁度  $T/2$  ずれているように設定されていると考えられる。そして、補正後のレーザ光の振幅  $A'$  がより小さくなるように、速度の振幅を調整することで、補正後のレーザ光のエネルギーの安定性をより高めることができる。

#### 【0045】

次に図 5 (B) に、速度の位相のずれが  $T/2$  ではない場合の、補正前のレーザ光の波形を破線で、補正後のレーザ光の波形を実線で示す。ただし図 5 (A) と同様に、図 5 (B) でも、定周期変動の波形を分かり易くするために、発振周波数以下において生じる変動を含んでいない波形を示す。図 5 (B) において、補正前のレーザ光の波形と補正後のレーザ光の波形とが、同じ位相を有していない。よって、速度の変動の位相と、補正前のレーザ光の定周期変動の位相との差が、 $T/2$  ではないことが予測される。この場合、信号処理部において速度の位相の補正を別途行なうことで、補正後のレーザ光の定周期変動を抑える。

#### 【0046】

なお、図 12 (A) に示すように、矢印で示した走査方向に対し垂直な方向において、ビームスポット 1101 の幅  $W_b$  が被処理物 1102 の幅  $W_s$  よりも長い場合、走査方向におけるレーザ光のスキャンを 1 回で済ませることができる。また、図 12 (B) に示すように、矢印で示した走査方向に対し垂直な方向において、ビームスポット 1101 の幅  $W_b$  が被処理物 1102 の幅  $W_s$  よりも短い場合、走査方向におけるレーザ光のスキャンを複数回に分けて行なう。いずれの場合においても、各スキャンにおけるステージの速度を、レーザ光の定周期変動と逆の位相で変動するように制御する。

#### 【0047】

上記構成により、単位時間あたりに、第 2 の光学系からステージ 106 に載置された被処理物に照射されるレーザ光のエネルギーの総和を、一定に近づけることができる。よって、被処理物への処理をより均一に行なうことができる。

#### 【0048】

なお、上記補正手段に、信号処理部で定められたステージ 106 の速度の変動



の周波数及び振幅に関する情報をメモリ等に記憶しておき、次回改めてステージ 106 の速度の変動の周波数及び振幅を調整する手間を省くようにしても良い。

#### 【0049】

なおレーザ光のスキュンの方法は、被処理物を固定してレーザ光の照射位置を移動させる照射系移動型と、レーザ光の照射位置は固定して被処理物を移動させる被処理物移動型と、上記 2 つの方法を組み合わせた方法とがある。

#### 【0050】

上述の補正手段は、被処理物移動型のレーザ装置に用いるものであるが、本発明はこれに限定されない。照射系移動型のレーザ装置や、被処理物移動型と照射系移動型を組み合わせたレーザ装置にも用いることができる。

#### 【0051】

照射系移動型のレーザ装置の場合、照射位置の移動する速度を、レーザ光のエネルギーの変動に対して逆の位相で変化するように制御する。つまりいずれの方法を用いた場合でも、本発明では、該被処理物に対するビームスポットの、走査方向における相対的な移動速度を、レーザ光のエネルギーの変動に対して逆の位相で変化するように制御すれば良い。

#### 【0052】

また、周期性のないエネルギーの変動であっても、モニターした結果を即レーザ光にフィードバックできるような応答速度で、レーザ光のビームスポットの被処理物に対する相対的な速度を制御できるのであれば、その変動を抑えることができる。

#### 【0053】

##### 【実施例】

以下、本発明の実施例について説明する。

#### 【0054】

##### (実施例 1)

レーザ光のエネルギーの定周期変動は、発振器の発振周波数によって異なる。本実施例では、エキシマレーザの発振器から発せられるレーザ光の発振周波数と、定周期変動の周波数の関係について説明する。

**【 0 0 5 5 】**

図 6 に、レーザ光の発振周波数 (Hz) と、フーリエ変換によって得られる最も高いピークの周波数 (Hz) の関係を示す。横軸が発振周波数 (Hz) であり、縦軸がフーリエ変換後のピーク位置 (Hz) を示している。なお各測定は測定した日にちが異なっているが、発振周波数以外の測定条件は同じである。

**【 0 0 5 6 】**

フーリエ変換によって得られる最も高いピークの周波数は、レーザ光のエネルギーの定周期変動の周波数を意味している。定周期変動の周波数は、段階的に増減を繰り返している。具体的には、定周期変動の周波数は、発振周波数が約 3 Hz、1 2 Hz、2 5 Hz のときに極小値を有し、約 3 Hz、1 0 Hz、2 2 Hz のときに極大値を有している。そして、発振周波数が約 2 5 Hz を超えた後は、増加し続けている。

**【 0 0 5 7 】**

図 6 に示したように、用いるレーザ光の発振周波数と定周期変動の周波数との関係を予め調べることで、実際に被処理物へのレーザ光の照射を行なう際に最適な条件を模索するのに役立てることができる。例えば、定周期変動の周波数が高くなる条件を選ぶことで、定周期変動によって発生する半導体膜の横縞の間隔を視認されない程度に短くすることができる。また逆に、定周期変動の周波数が低くなる条件を選ぶことで、定周期変動によって発生する半導体膜の横縞の間隔を長くし、照射領域内に横縞が現れないようにすることも可能である。

**【 0 0 5 8 】**

図 6 のデータをもとに、半導体膜の結晶化に用いる標準的なレーザ光の照射条件（発振周波数が 3 0 Hz、スキャン速度 1 . 0 mm/sec）のときと同じショット数（約 1 3 ショット）が得られるようにレーザ光を照射したときの、各発振周波数において生じると予測される横縞の間隔を計算する。具体的には、以下の式 2 から計算する。

**【 0 0 5 9 】**

## 【式 2】

$$d(\omega) = \frac{\omega}{\omega_0} \times \frac{v_0}{T(\omega)}$$

$d(\omega)$ ：横縞の間隔周期

$\omega$ ：発振周波数

$\omega_0$ ：標準的な照射条件における発振周波数（＝30Hz）

$v_0$ ：標準的な照射条件における基板スキャン速度（＝1.0mm/sec）

$T(\omega)$ ：定周期変動の周波数

## 【0060】

式 2 から計算された、発振周波数に対する横縞の周期の関係を図 13 に示す。発振周波数  $\omega = 25\text{Hz}$  に特徴的なピークが現れ、25Hz での横縞は約 3.9mm 間隔であると予測された。それ以外の発振周波数では、約 60～約 500 $\mu\text{m}$  間隔となった。なお、25Hz における基板スキャン速度の想定値は、ショット数を標準条件（30Hz、1.0mm/sec）に合わせこむと、0.833mm/sec となる。

## 【0061】

（実施例 2）

本実施例では、実施の形態に示した本発明のレーザ装置の一実施例について説明する。

## 【0062】

図 7 に本実施例のレーザ装置の構成を示す。発振器 1500 から発振されたレーザ光は、光学系 1502 においてその一部がサンプリグされる。サンプリグされたレーザ光はセンサ 1503 に入射する。

## 【0063】

一方、サンプリグされたレーザ光以外の残りのレーザ光は、ビームエキスパンダー 1504 に入射する。なお本実施例では、発振器 1500 とビームエキスパンダー 1504 の間の光路中に、レーザ光を遮るシャッター 1505 が設けられているが、必ずしも設ける必要はない。

## 【0064】

そして、ビームエキスパンダー 1504 によって、入射してきたレーザ光の広がりを抑え、なおかつ、ビームスポットの大きさを調整することができる。

#### 【0065】

ビームエキスパンダー 1504 から出射したレーザ光は、ビームホモジナイザー 1506 において、ビームスポットの形状が矩形状、楕円状または線状になるように集光される。そして、該集光されたレーザ光は、ミラー 1507 において反射し、レンズ 1508 に入射する。入射したレーザ光はレンズ 1508 によって再び集光され、半導体膜が成膜された基板 1509 に照射される。本実施例ではレンズ 1508 としてシリンドリカルレンズを用いた。

#### 【0066】

基板 1509 はステージ 1511 上に載置されており、該ステージ 1511 は 3 つの位置制御手段（ドライバ）1512～1514 によってその位置が制御されている。具体的には、 $\phi$  方向位置制御手段 1512 により、水平面内においてステージ 1511 を回転させることができる。また、X 方向位置制御手段 1513 により、水平面内においてステージ 1511 を X 方向に移動させることができる。また、Y 方向位置制御手段 1514 により、水平面内においてステージ 1511 を Y 方向に移動させることができる。各位置制御手段の動作は、中央処理装置 1510 が有するステージドライバ 1515 において制御されている。

#### 【0067】

上述した 3 つの位置制御手段の動作を制御することで、基板 1509 においてレーザ光が照射される位置を制御することができる。

#### 【0068】

一方、センサ 1503 では、サンプリングされたレーザ光を電気信号に変換し、中央処理装置 1510 が有する信号処理部 1516 に入力する。該電気信号は、レーザ光のエネルギーの変動の状態をデータとして有している。そして、信号処理部 1516 における信号処理によって該データの解析が行なわれ、レーザ光のエネルギーの変動の状態が把握される。

#### 【0069】

また発振器 1500 から、レーザ光の発信に同期した基準信号が信号処理部 1

516に入力される。信号処理部1516では、把握された変動の状態、基準信号、発振器から発振されたレーザ光のうちサンプリングされたレーザ光のエネルギーの比率等を用いて、該変動の状態と逆の位相を有する速度でステージ1511を移動させるように、ステージドライバ1515を用いて制御する。

#### 【0070】

具体的には、基板1509に対するビームスポットの、走査方向における相対的な移動速度を、レーザ光のエネルギーの変動に対して逆の位相で変化するように、上述した3つの位置制御手段の動作を制御すれば良い。レーザ光の照射は、半導体膜におけるレーザ光のビームスポットが、走査方向において重なるように照射する。

#### 【0071】

なお、本発明の補正手段1501には、光学系1502、センサ1503、信号処理部1516が含まれる。さらにステージドライバ1515を含んでいても良い。

#### 【0072】

また本実施例のように、CCD等の受光素子を用いたモニター1517を設け、基板の位置を正確に把握できるようにしても良い。

#### 【0073】

本実施例は、実施例1と組み合わせて実施することが可能である。

#### 【0074】

##### 【発明の効果】

本発明は、レーザ光のスキャン速度を制御することで、従来の振動子を用いた方法よりも、被処理物への処理をより均一に行なうことができる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】 補正手段の構成を示すブロック図。

【図2】 発振周波数ごとのエネルギーの実測値を示すグラフ。

【図3】 発振周波数ごとのエネルギーの実測値のFFT後のデータを示すグラフ。

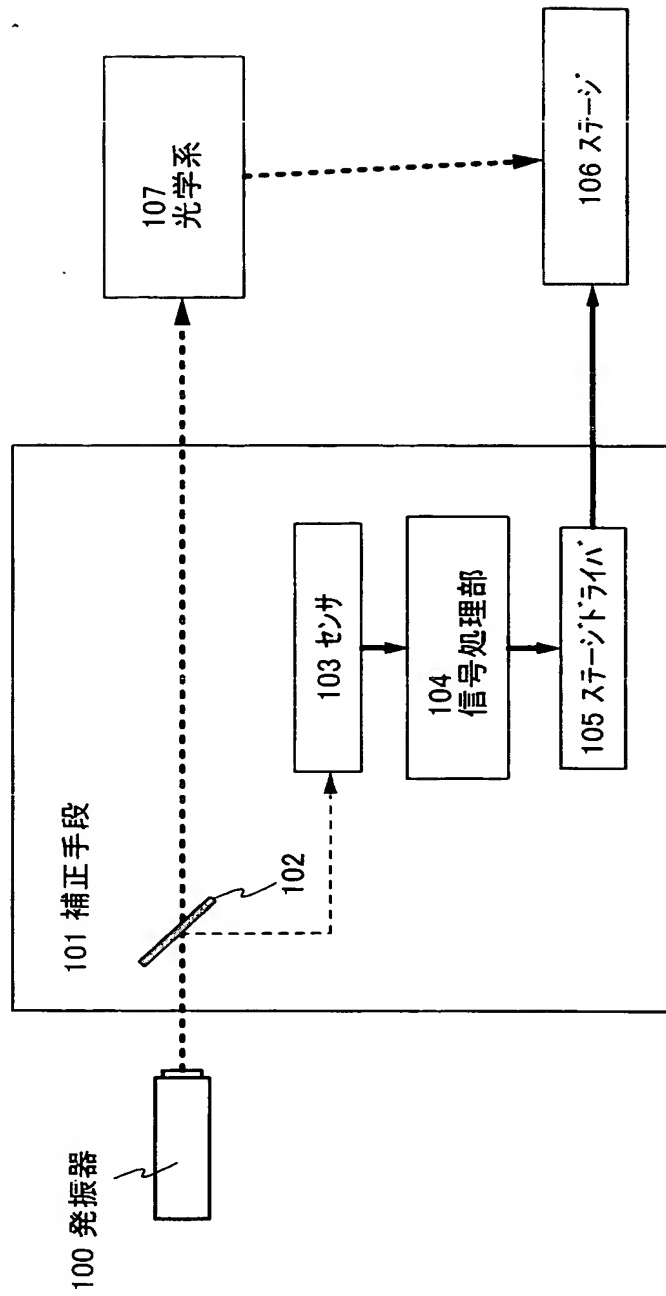
【図4】 エネルギーの定周期変動と、透過率の変動を示す図。

- 【図 5】 ステージの移動の速度の変動を示す図。
- 【図 6】 発振周波数と、フーリエ変換後の周波数のピーク位置の関係を示すグラフ。
- 【図 7】 本発明のレーザ装置の構成を示す図。
- 【図 8】 時間に対するレーザ光のエネルギーの値と、F F T後のデータ。
- 【図 9】 エキシマレーザのレーザ光を照射し、結晶化を行なった半導体膜を上面からみた写真。
- 【図 1 0】 結晶化後の半導体膜を上面からみた写真と、レーザ光のエネルギーの値を濃淡で示した図。
- 【図 1 1】 結晶化後の半導体膜を上面からみた写真と、該半導体膜を用いて形成された発光装置の画素部の写真。
- 【図 1 2】 レーザ光のビームスポットと被処理物の幅の関係を示す図。
- 【図 1 3】 ショット数を標準に合わせたときの、発振周波数と横縞の間隔との関係を示す図。

【書類名】

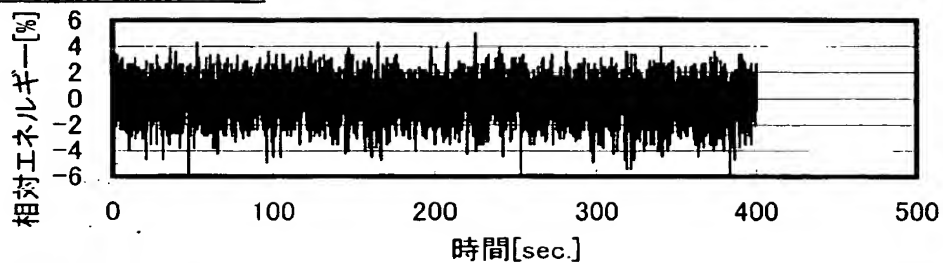
図面

【図 1】

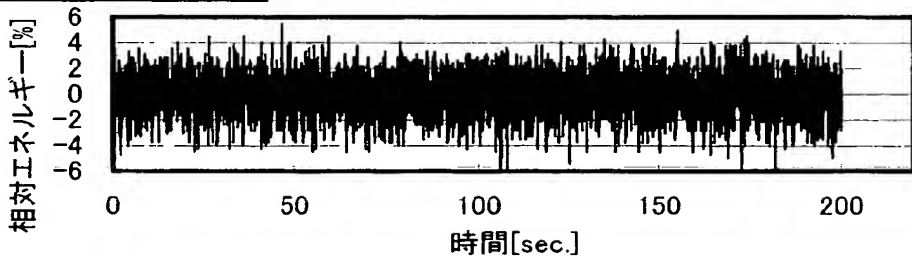


【図 2】

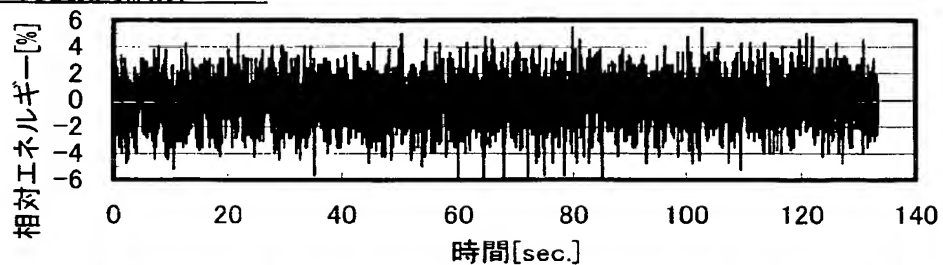
(A) 発振周波数 10Hz



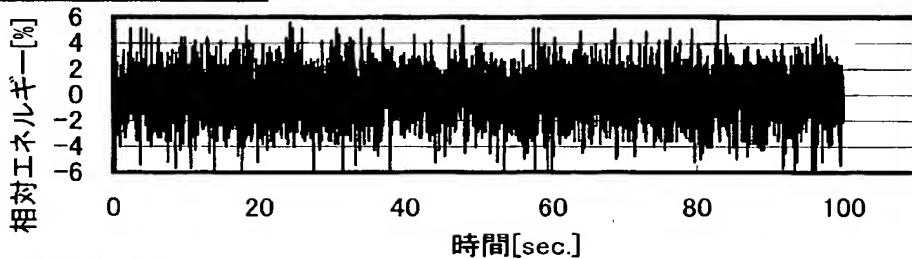
(B) 発振周波数 20Hz



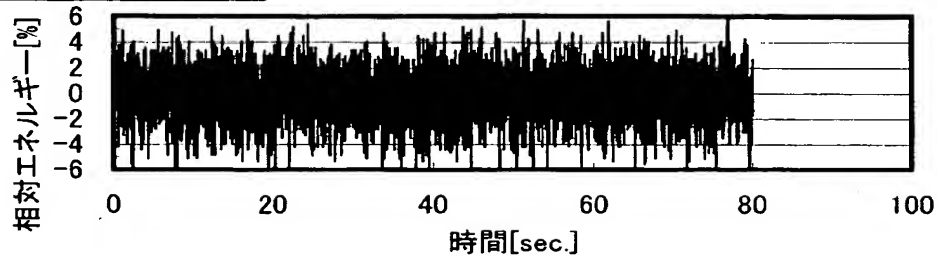
(C) 発振周波数 30Hz



(D) 発振周波数 40Hz



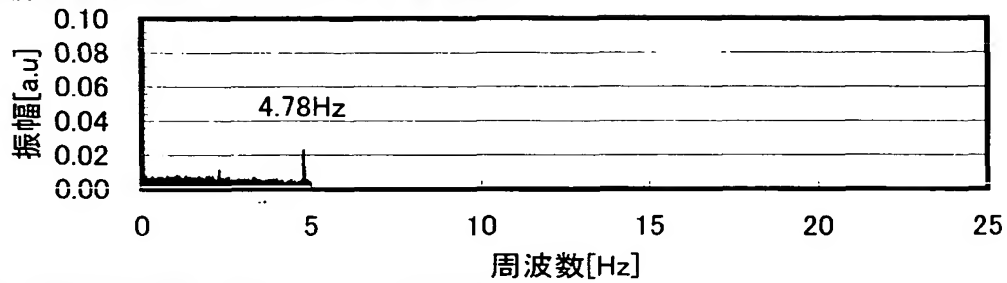
(E) 発振周波数 50Hz



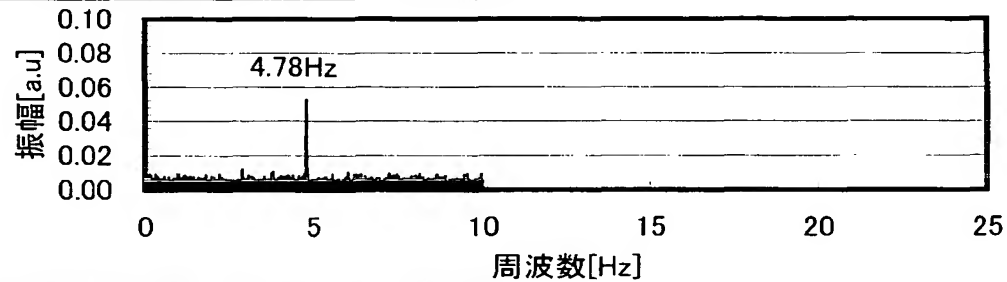


【図 3】

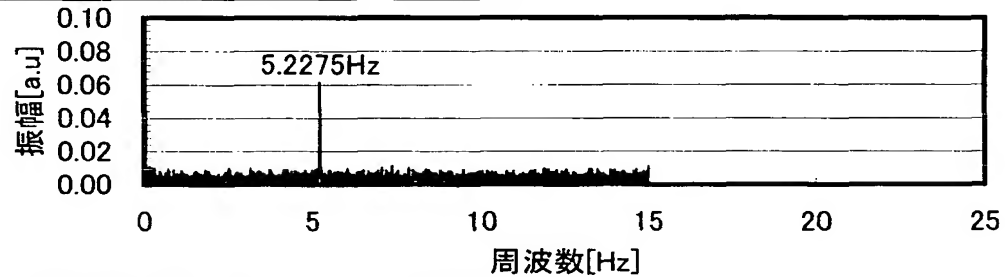
(A) 発振周波数 10Hz(フーリエ変換後)



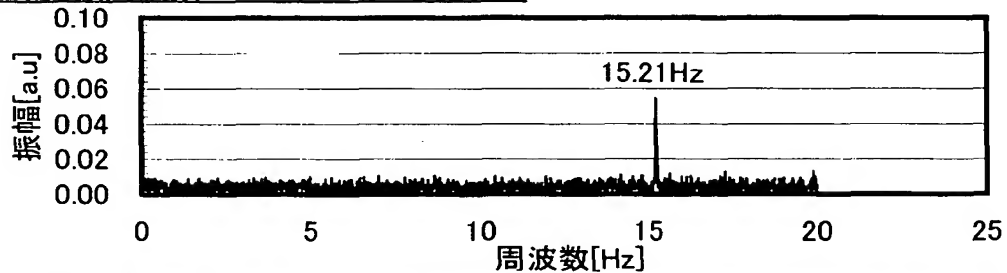
(B) 発振周波数 20Hz(フーリエ変換後)



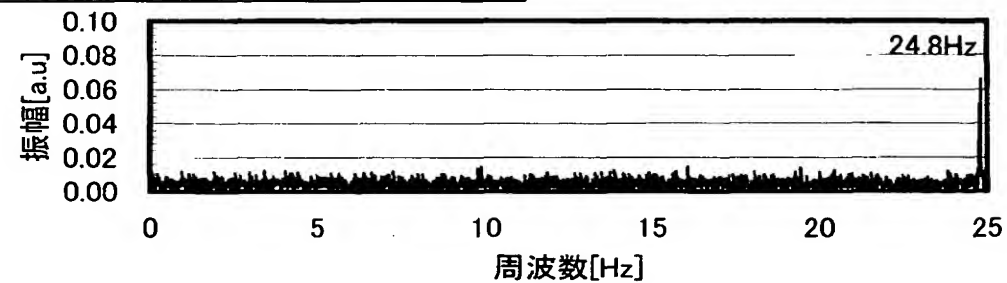
(C) 発振周波数 30Hz(フーリエ変換後)



(D) 発振周波数 40Hz(フーリエ変換後)

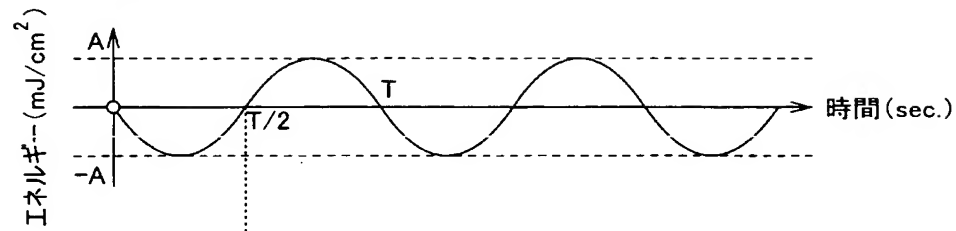


(E) 発振周波数 50Hz(フーリエ変換後)

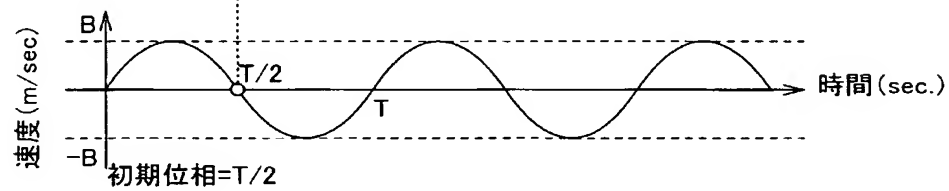


【図 4】

(A) 出力の変動

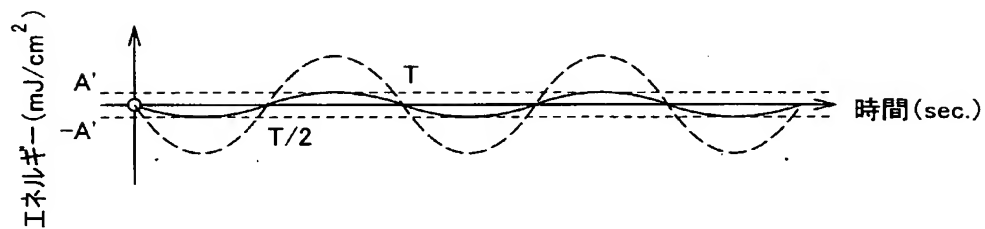
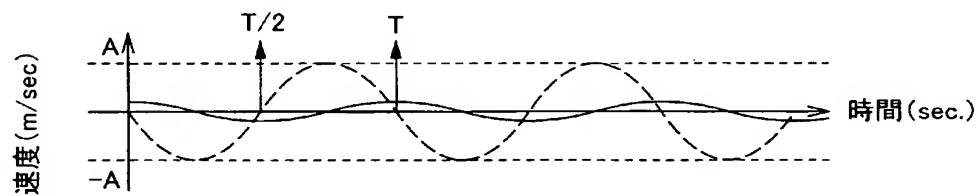


(B) 一方向におけるステージの速度の変動

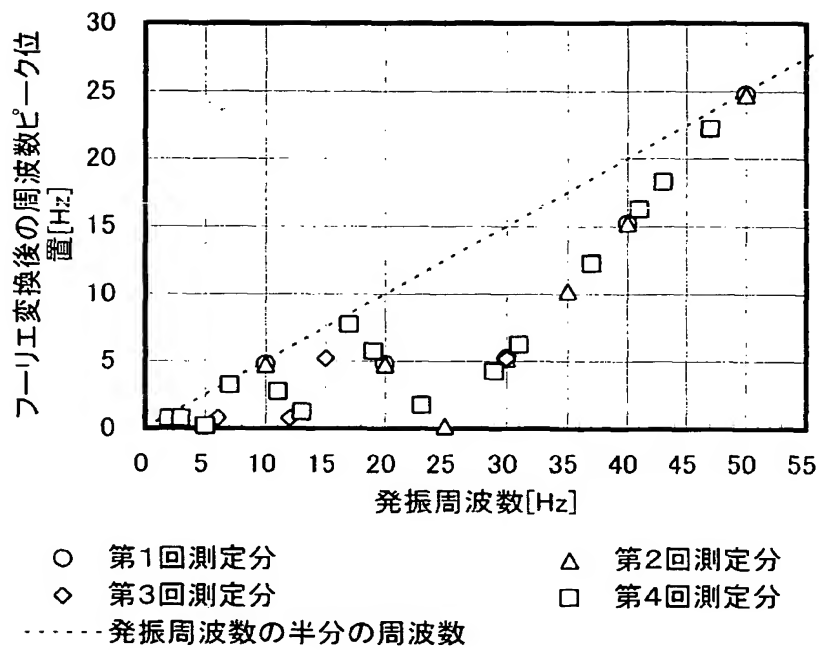


【図 5】

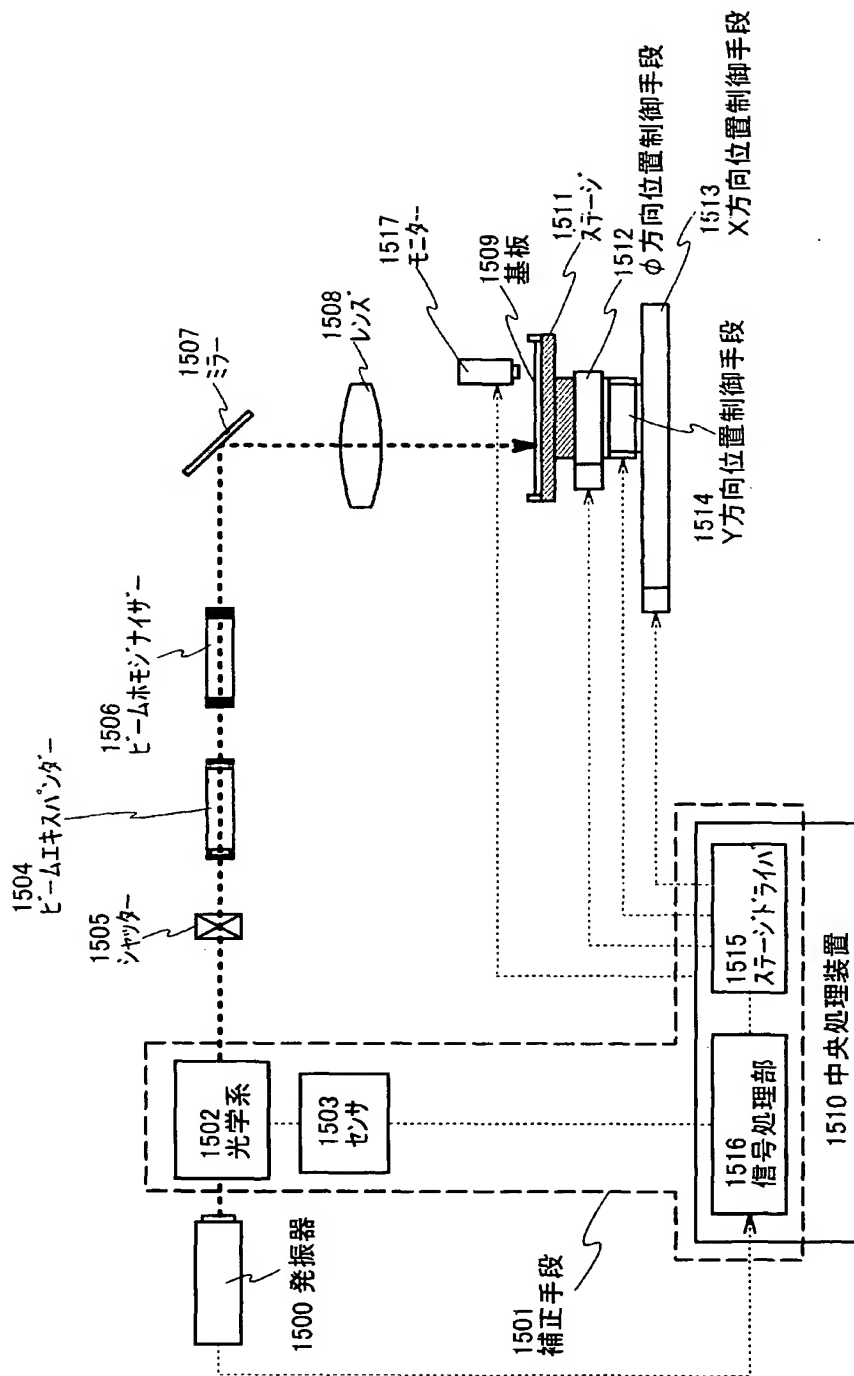
(A)

(B) 初期位相  $\neq \pi$ 

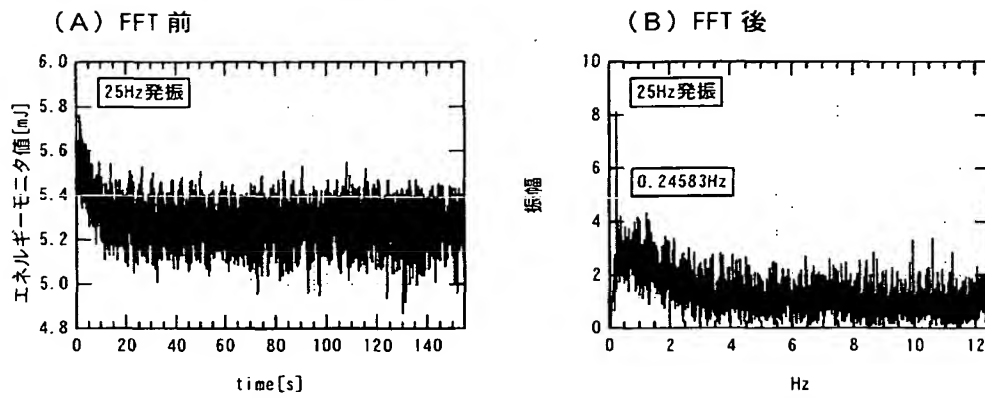
【図 6】



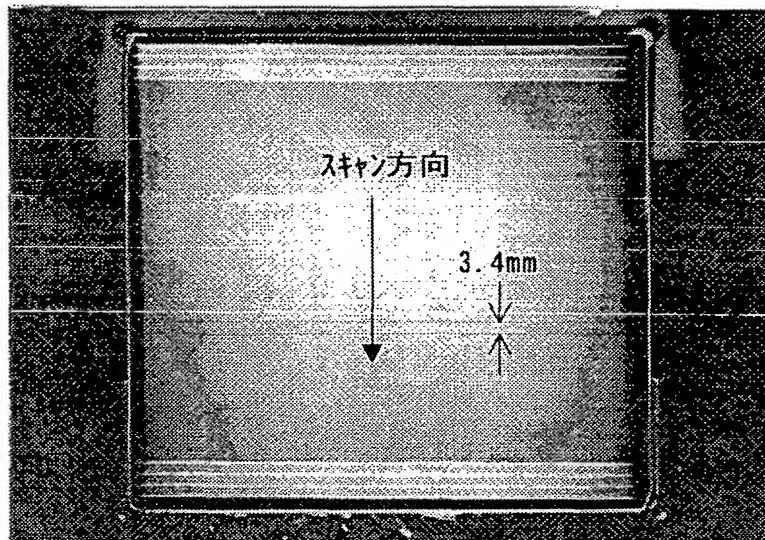
【圖 7】



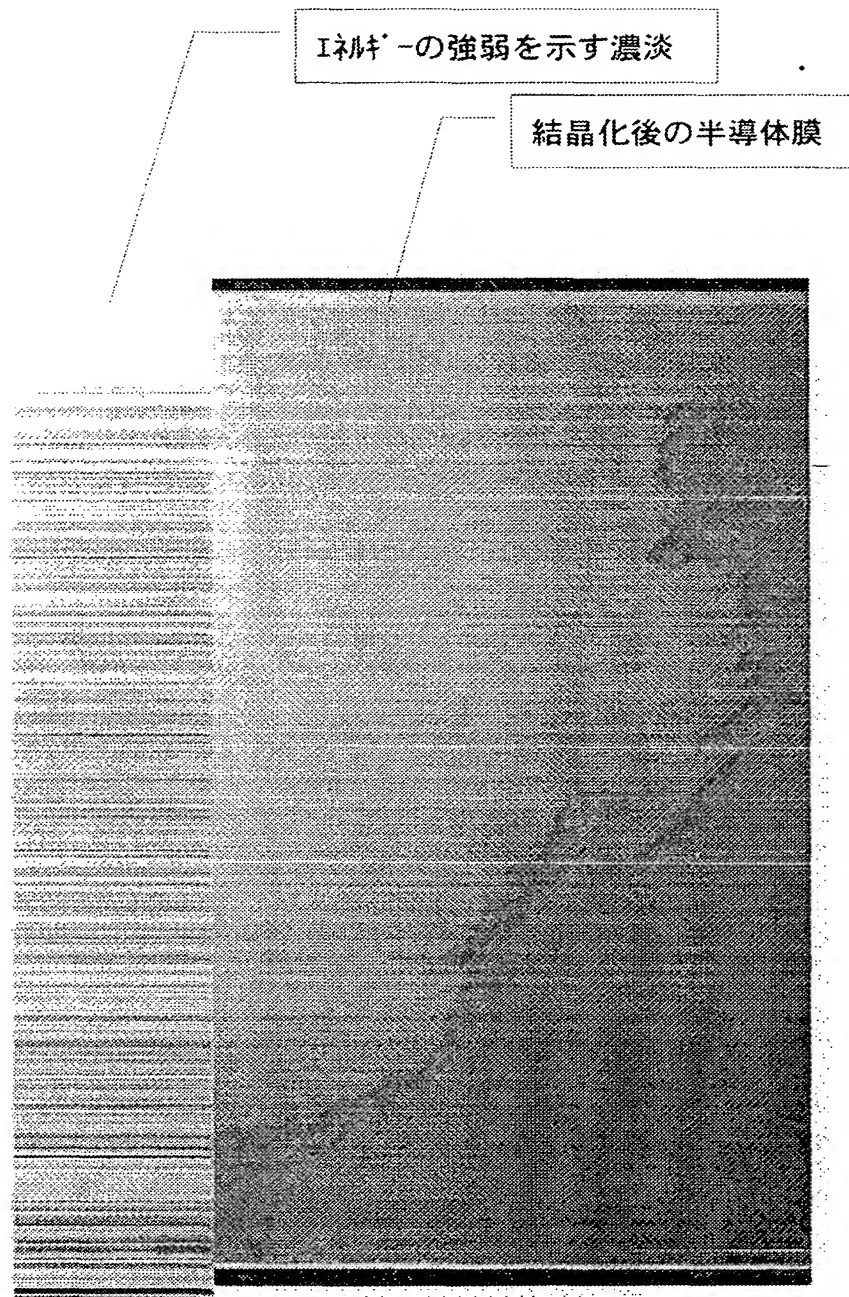
【図 8】



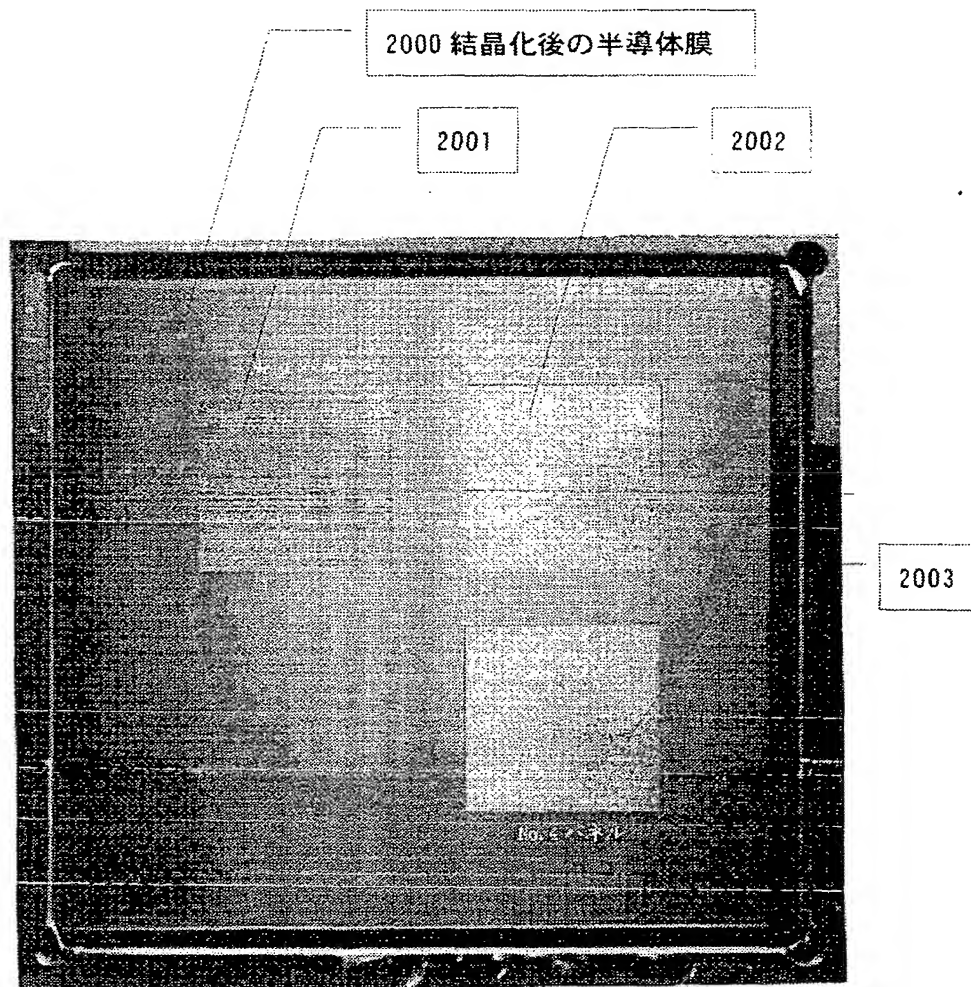
【図 9】



【図10】



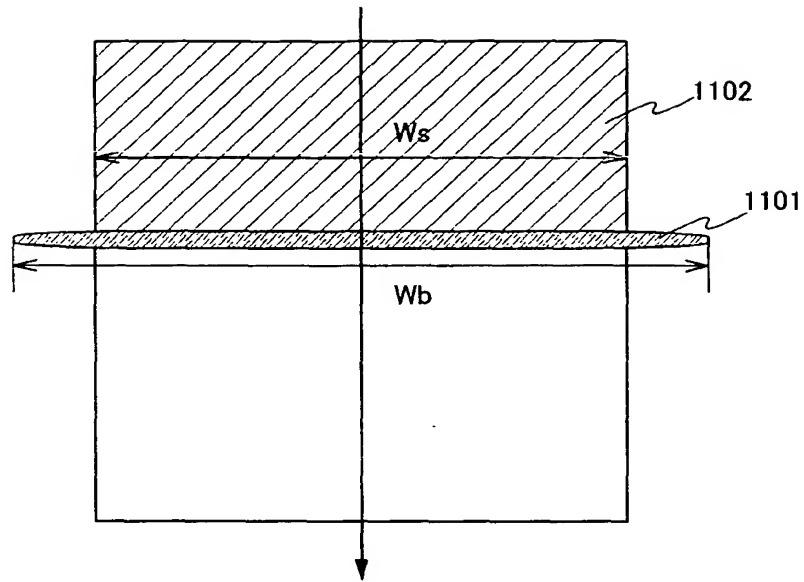
【図 11】



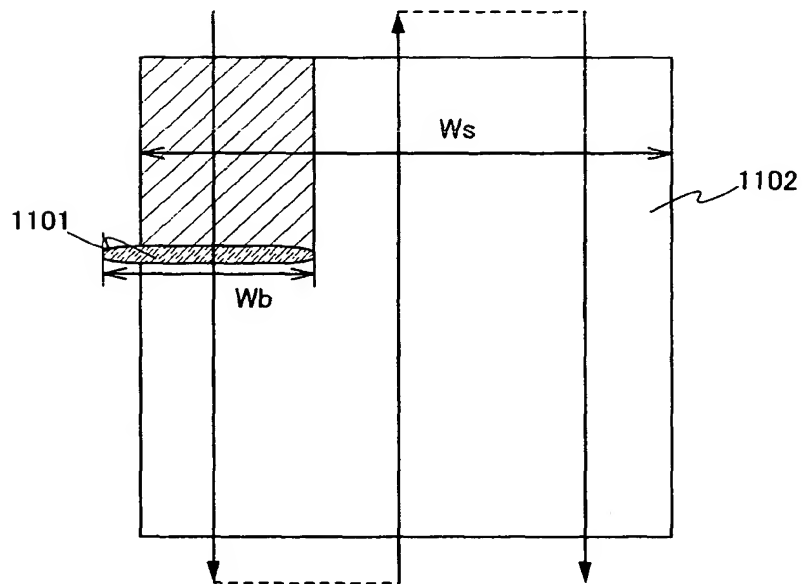
LC 後の全体写真とパネル表示写真の対比

【図 12】

(A)

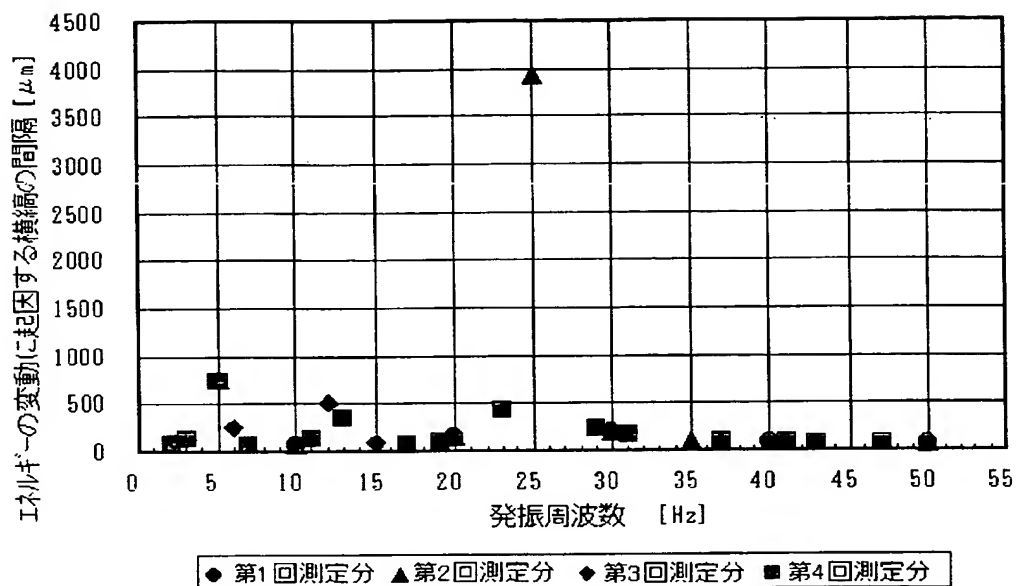


(A)





【図 13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 レーザー光を用いた被処理物への処理を均一に行なうことができるレーザー装置、レーザー照射方法または半導体装置の作製方法の提供を課題とする。

【解決手段】 発振器から発振されるレーザー光の一部をサンプリングする光学系と、一部のレーザー光を用いて、レーザー光のエネルギーの変動をデータとして含む電気信号を生成するセンサと、電気信号に信号処理を施すことで、レーザー光のエネルギーの変動の状態を把握し、被処理物におけるレーザー光のビームスポットの、被処理物に対する相対的な速度を、変動に対して逆の位相で変化するように制御する手段とを有することを特徴とするレーザー装置。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 2 6 9 6 5 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 1 5 3 8 7 8 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 1 7 日

[変更理由]

新規登録

住 所

神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地

氏 名

株式会社半導体エネルギー研究所